

광픽업 액츄에이터의 롤링 저감 대책

Methods for Reducing Rolling effect in Optical Pickup Actuator

정덕영*·송병륜***·이영빈**·신경식**·성평용**·이주형**

Dukyoung Chong, Byung-Youn Song, Youngbin Lee, Kyung-Sik Shin,
Pyong-Yong Seong and Ju-Hyung Lee

Key Words : Optical Pickup (광픽업), Actuator (구동기), Rolling (롤링), Tilt (틸트)

ABSTRACT

Since rolling (Radial AC Tilt) motion in Optical Pickup Actuator causes RF signal degradation, many researches have been done to find out how to reduce rolling degree. This paper aims to introduce two methods of reducing rolling degree with their theoretical concepts and experimental results. First method rearranges magnetic circuit and the other one adjusts the proportion of the distances among mass center, actuating center and supporting center.

1. 서 론

Drive 의 Tilt 는 Coma 수차를 발생시켜 RF 신호의 열화(degradation)를 유발한다. 고밀도 재생 기기, 특히 HD-DVD 의 경우 개구수(Numerical Aperture)의 증가와 파장(Wave length)의 감소에 의해 틸트 마진이 줄어들고 이에 따라, Coma 수차의 발생으로 RF 신호의 열화 및 Access time 의 저하로 연결되며, 고속, 고밀도 기록기기의 경우, 특히 고배속 CD-RW(Compact Disc Rewritable)의 경우 Coma 수차의 발생으로 요구되는 광 파워를 내지 못해 기록품질이 저조해질 수 있다. 때문에 고밀도 재생기기 및 고속, 고밀도 기록기기에서 tilt 의 AC 성분에 대한 보상의 요구가 증대됨에 따라, 고주파 추종이 가능한 pick-up actuator 를 이용하여 AC tilt 를 보상하는 방법이 제시되었으며, 이에 따라 고밀도인 HD-DVD, Land-Groove 를 모두 사용하는 DVD-RAM 등에는 AC tilt 보상이 적용 되어 있다.

그러나 상기에 기술된 사항은 경사보상 알고리즘을 적용할 수 있는 시스템의 예이며, 그렇지 못한 시스템의 경우, 즉 가격경쟁력이 필요한 모델인 CD-RW 의 경우에는 액츄에이터의 롤링에 대한 시스템의 규제가 엄격하다. 일반적으로 CD-RW 시스템용 액츄에이터의 경우, 액츄에이터의

롤링주파수를 시스템 최대 회전 주파수 이후로 설계를 하는 주파수 회피법(Frequency Avoidance Method)이 널리 이용되는데 이를 위해서는 Track 방향의 DC 감도의 저하가 불가피하다. 슬림형 액츄에이터의 경우에는 최대 배속이 CD24X 로 5100rpm, 85Hz 로 사실상 한정이 되어 있으므로, 해당 주파수 대역이상 롤링주파수대역을 위치시키기가 상대적으로 용이하다. 그러나 H/H 형 액츄에이터의 경우 최대 CD52X 배속인 11000rpm 이상, 185Hz 이상이 사용 영역이므로 롤링주파수 대역을 이 주파수 대역이상으로 옮기려면 트랙 액츄에이터의 공진주파수가 80Hz 이상이 되어야 하며 이를 위해선 DC 감도의 저하는 필수 불가결한 선택이다.

그러나 트랙 방향의 DC 감도의 저하는 편심 디스크(eccentric disc)의 편심량이 큰 경우 재생성능에 문제를 일으킬 소지가 있다. 이 때문에 무게 중심과 구동중심, 지지중심을 맞추는 중심일치법(Coincidental Method)이 감도 보전을 위해 사용되고 있으나, 액츄에이터의 설계상 세가지 중심점을 맞추기 힘든 상황이 발생하거나, 혹은 대량 생산시 발생하는 산포에 의해 액츄에이터의 롤링 감을 보장하기 힘든 경우가 발생한다.

이에 본 고에서는 무게중심과 지지중심 그리고 구동중심이 일정한 비율을 가지게 임의로 설계를 하는 경우 액츄에이터 롤링을 최소화 시킬 수 있는 방법을 제시한다. 이 방법은 세가지 중심을 맞추기 힘든 대부분의 상황에서 액츄에이터의 롤링 감소 설계의 새로운 대안으로 자리잡을 수 있을 것이다. 이를 비대칭 설계법(Asymmetric Method) 이라 한다.

* 삼성전자, OMS 사업부

E-mail : dychong@samsung.com
Tel : (032) 200-3280, Fax : (032) 200-4087

** 삼성전자, OMS 사업부

2. 자기 회로의 영향

2.1 자기 회로에 의한 롤링

일반적으로 H/H (Half Height) Drive 용으로 사용되는 광픽업 액츄에이터의 코일 배치는 Fig.1 과 같은 방식이 많이 사용된다. 포커스 코일이 보빈의 둘레에 배치되어 있고, 트랙 코일은 양 끝단에 포커스 코일과 수직되게 위치하게 된다.

이러한 구조의 액츄에이터에서는 트랙 방향으로 일정량만큼 이동하여 포커스 방향으로 구동하게 될 경우, 포커스 코일에 가해지는 힘은 트랙 방향 이동양과 비례하여 중심에서 벗어나게 된다⁽¹⁾. 구동력이 중심에 걸리지 않고 한쪽으로 치우쳐 걸리기 때문에 모멘트가 발생하게 되고, 이로 인해 롤링이 생기게 된다.

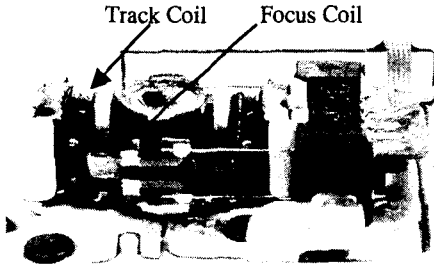


Fig.1 H/H 용 광픽업 액츄에이터

2.2 자기 회로의 대칭을 위한 설계

자석으로부터 나와 코일에 걸리는 공극 자속 밀도는 코일의 중간 부분이 가장 높게 나타난다 (Fig.2(a)). 이 경우 액츄에이터가 이동하면 공극 자속 밀도의 가장 높은 점이 이에 비례하여 이동한다. 이것이 코일에 모멘트가 발생하는 원인이라고 생각하고, 코일의 모든 부분에서 공극 자속 밀도를 일정하게 함으로써 롤링을 줄이기로 한다.

Fig.2 는 자석의 형상과 그에 따라 코일에서 받는 공극 자속 밀도를 나타내었다. Fig.2(b)는 이러한 원리를 이용한 자석의 설계를 나타내는데, 자석의 가운데 부분을 곡면으로 가공하여 설계한 경우에는 가운데 부분에서 코일과 자석의 거리가 멀어져 코일의 전 부분에서 공극 자속 밀도를 일정하게 유지할 수 있다(Fig.2(b)).

그러나 가공하지 않은 자석과 비교하여 볼 때, 공극 자속 밀도의 전체적인 값이 감소하여 감도가 낮아지게 된다. 이를 해결하기 위해 Fig.3 과 같

이 포커스 코일을 보빈 둘레에 감는 대신 트랙 코일과 평형하게 분리하여 유효 코일 길이 비를 늘려 코일 효율을 높였다.

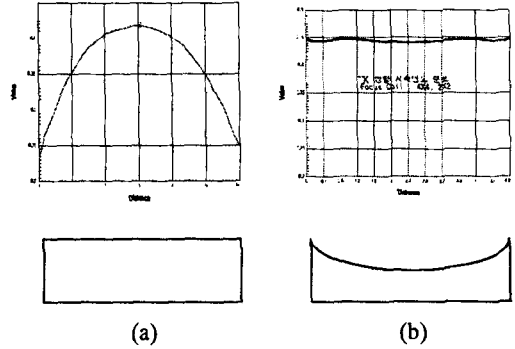


Fig.2 코일에서의 공극 자속 밀도와 자석 형상

- (a) 기존의 자석
- (b) 곡면 자석

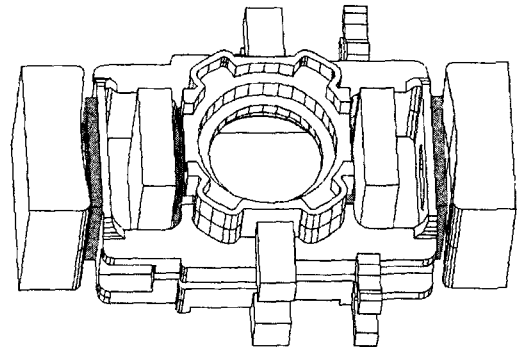


Fig.3 분리형 자기 회로 적용 모델

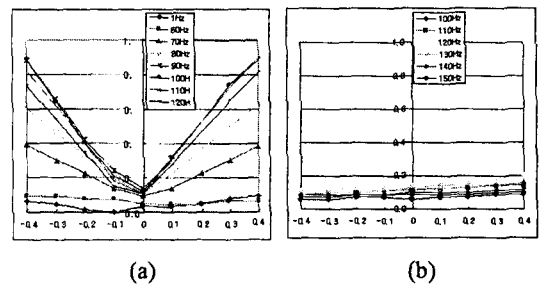


Fig.4 주파수별 트랙 이동에 따른 포커스 롤링

- (a) 기존의 모델
- (b) 분리형 자기회로 적용 모델

Fig.4 는 두 가지 방식에 대한 롤링 측정 값을 나타낸 그래프이다. 다양한 주파수에 대해 측정된 그래프이며, x 축은 트랙 방향의 이동량을 나타내고 y 축은 액츄에이터가 롤링하는 각을 나타낸다. (a)의 경우 액츄에이터가 트랙방향으로 이동하였을 경우 롤링 값이 증가하여 마치 V자와 같은 곡선을 나타냄을 알 수 있다. 반면 (b)의 경우 이동에 따른 특성이 감소하여 일정한 값을 가진다.

3. 중심의 불일치

3.1 무게, 지지, 구동 중심

액츄에이터의 피치 모드 (Pitch Mode)에 관한 해석을 하기 위해 무게 중심, 지지 중심, 구동 중심의 관계에 대한 연구가 이루어졌다⁽²⁾. 롤링 운동에 있어서도 이러한 중심점들의 불일치로 인해 롤링 각이 커지는 현상이 나타난다. 앞 장에서 나타난 것과 같이 자기 회로를 변경하여 액츄에이터의 이동에 대한 롤링 값은 현저하게 작아졌지만, 이동하지 않은 초기 상태에서도 롤링이 발생함을 알 수 있다. 이러한 롤링이 발생하는 원인을 각 중심점들의 불일치로 생각하고 중심점들이 어떻게 롤링에 영향을 미치는 지와 이를 이용한 대처 방안에 대해 생각해 본다.

일반적으로 액츄에이터를 설계할 때, 무게 중심, 지지 중심, 구동 중심을 일치시키려 노력한다. 그러나 실제 조립 과정에서의 공차로 인해 중심점들이 어긋나는 경우가 있을 수 있고, 혹은 구조적인 문제로 설계과정에서도 각 중심점들을 일치시킬 수 없는 경우가 있다. 실제로 액츄에이터 구동부 질량의 많은 비율을 차지하는 대물 렌즈는 보빈의 상부에 위치하는 경우가 대다수 이므로 질량의 중심은 상측으로 치우칠 수 밖에 없다. Fig.5 은 H/H 에서 많이 사용하는 대칭형 보빈의 형상이다.

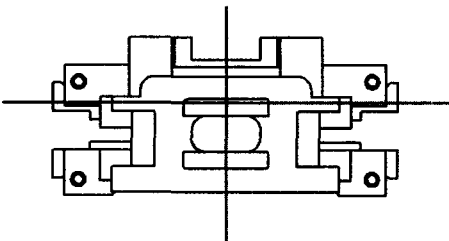


Fig. 5 보빈의 대칭성 검토

좌우로는 대칭적인 형상을 가지나, 상하로는 비대칭적인 형상을 갖게 된다. 따라서 각 중심점들이 좌우 방향으로는 동일 선상에 있게 되나, 상하 방향으로 불일치하게 되고, 이로 인해 포커스 운동시 보다 트랙 운동시에 불균형으로 인한 롤링이 커지게 된다. 따라서 본 연구에서는 트랙 방향의 운동에 대해 살펴보도록 하겠다.

3.2 각 중심과 롤링의 관계 해석

보빈이 트랙 방향으로 운동할 때 생기는 롤링에 대해 살펴보기로 한다.

트랙 방향의 롤링이라 함은, 각 주파수에 대해 트랙 방향으로 일정한 변위 ($\pm d$)의 운동을 할 때, 반지름 (Radial) 방향으로의 기울어지는 각 (θ)을 지칭한다. 이러한 운동을 표현하면 Fig.6 과 같다. 세로 방향의 각 중심점들의 불일치에 대해 알아보기 위해, 구동점은 무게 중심으로부터 보빈의 세로축 방향으로 l_a 만큼 떨어져 있고, 지지 중심은 l_s 만큼 떨어져 있는 경우를 생각한다.

이러한 상태에서의 평형 방정식은

$$J\ddot{\theta} = \sum M_G = -F_a l_a - F_s l_s - K_R \theta \quad (1)$$

로 나타내어진다. 여기서 구동력은

$$F_a = A \sin \omega t \quad (2)$$

의 조화 함수로 나타내어지고, 이에 대해 지지부에서 받는 반력은,

$$F_s = k(l_s \theta - d) \quad (3)$$

이다.

이로부터 운동 방정식을 구하면,

$$J\ddot{\theta} + C_R \dot{\theta} + (kl_s^2 + K_R)\theta = -Al_a \sin \omega t + kd l_s \quad (4)$$

으로 나타낼 수 있다

롤링값에 대해 언급할 때는 모든 주파수에 대해 동일한 변위의 트랙 운동이 있어야 한다. 트랙 방향의 운동 방정식을

$$m\ddot{d} + kd = F_a \quad (5)$$

로 생각할 때, 변위 d 와 입력 전압 A 는 각각

$$d = |d| \sin \omega t \quad (6)$$

$$A = |d|(k - m\omega^2) \quad (7)$$

이 된다.

이들을 식(4)에 대입하면

$$J\ddot{\theta} + C_R\dot{\theta} + (K_R + kl_s^2)\theta = |d|[-l_a(k - m\omega^2) + kl_s]e^{j\omega t} \quad (8)$$

이 되고, 이로부터 롤링 값을 구하면

$$\theta = \frac{|d|[-l_a(k - m\omega^2) + kl_s]}{\sqrt{(K_R + kl_s^2 - J\omega^2)^2 + (C_R\omega)^2}} e^{j(\omega t - \phi)} \quad (9)$$

이다.

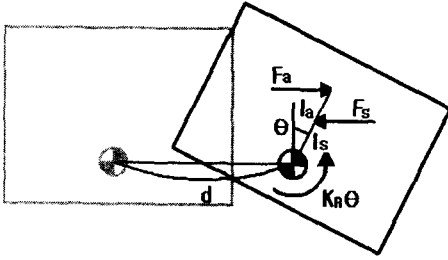
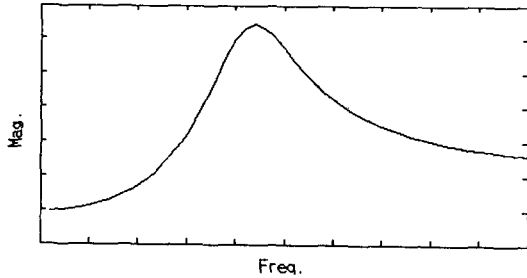
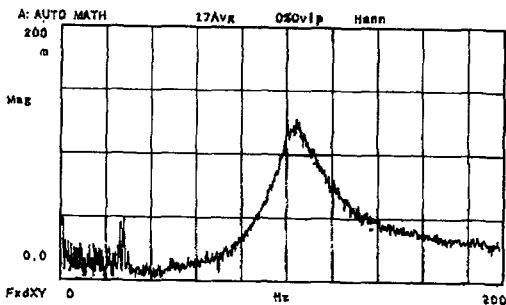


Fig. 6 트랙 롤링 모델



(a)



(b)

Fig. 7 주파수에 따른 롤링 그래프

(a) 시뮬레이션

(b) 측정 결과

Fig.7 에서는 위의 방법으로 구한 롤링 값과 실측으로 구한 롤링 값을 구동 주파수에 대해 그래프로 나타내었다.

3.3 롤링의 최소화

식(9)에서 보면, 롤링 값은

$$|-l_a(k - m\omega^2) + kl_s| \quad (10)$$

에 비례함을 알 수 있다. 롤링을 최소화 시키기 위해서는 롤링의 고유 주파수로 액츄에이터 구동시의 롤링 값을 최소화 하여야 한다. 롤링의 고유 주파수는 식(8)의 공진 주파수인

$$\omega_R = \sqrt{\frac{K_R + kl_s^2}{J}} \quad (11)$$

이다. 이 값을 식(10)의 구동 주파수에 대입하여 0으로 하면,

$$l_a \left(k - m \frac{K_R + kl_s^2}{J} \right) - kl_s = 0 \quad (12)$$

이 된다. 따라서 식(12)를 만족시키는 l_a 와 l_s 의 경우에 롤링이 최소가 된다.

식(12)를 트랙 방향의 공진 주파수와 롤링의 공진 주파수로 표현하기 위해

$$\omega_n^2 = \frac{k}{m} \quad (13)$$

$$\omega_R^2 = \frac{K_R + kl_s^2}{J} \quad (14)$$

을 이용하여 식(12)를 단순화하면,

$$l_a(\omega_n^2 - \omega_R^2) = \omega_n^2 l_s \quad (15)$$

의 관계를 유도해 낼 수 있다. 롤링을 최소화 시키기 위한 각 중심간의 거리 비를 트랙의 공진 주파수와 롤링의 공진 주파수의 비로 나타내었다. 보통 평행한 4개의 스프링 와이어를 갖는 액츄에이터 시스템에서 롤링 공진 주파수는 트랙 공진 주파수의 2 배가 된다. 이를 이용하여 롤링 값을 최소화하는 각 중심간의 거리 비를 구하면 다음과 같다.

$$l_a : l_s = 1 : -3 \quad (16)$$

3.4 실험 결과

각 중심간의 거리를 변화시켜가며 롤링 값을 구하는 실험을 통해 어떠한 비를 가질 때 롤링 값이 최소가 되는지를 알아보았다. 중심간의 비를 변화시키기 위해서 보빈의 하부에 납 테이프를 붙여 무게 중심을 이동시키는 방식을 사용하였다. Fig.8 은 하부에 질량 추가량에 따른 무게 중심의 위치를 표시하였고, Table 1 에서는 각 위치에서 롤링의 최대값을 나타내었다. 롤링이 최소값을 가지는 50mg 추가의 경우에 각 중심간의 비를 살펴보면 I_a 와 I_s 의 비가 약 1:-3 의 비율을 가진다.

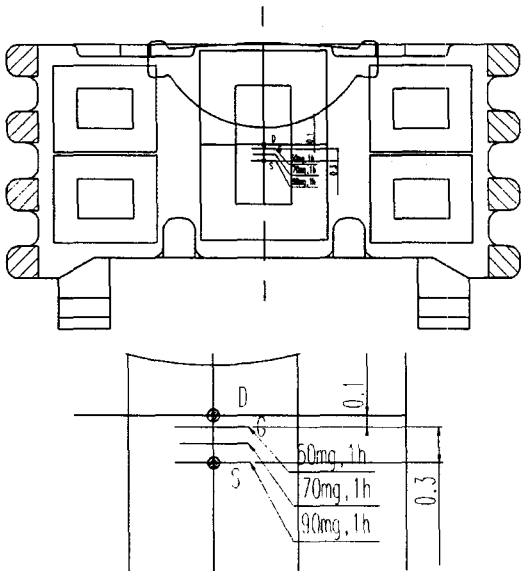


Fig. 8 하부 질량 추가에 따른 무게 중심의 이동

Table 1 하부 질량 추가에 따른 최대 롤링 값

추가질량	구동 주파수	롤링 값
5mg	100Hz	0.43deg
10mg	100Hz	0.34deg
15mg	100Hz	0.34deg
25mg	100Hz	0.23deg
35mg	90Hz	0.17deg
50mg	90Hz	0.09deg
70mg	100Hz	0.23deg
90mg	100Hz	0.32deg

4. 결론

광픽업 액츄에이터의 롤링 현상을 줄이기 위한 방법으로 크게 두가지 방법에 대해 알아보았다. 액츄에이터를 트랙 방향으로 이동 시킨 후 포커스 방향으로 구동 시 생기는 롤링을 감소시키기 위해 자기 회로를 변화 시켰다. 이러한 방식으로 포커스 구동 시 트랙 방향의 이동에 상관 없이 일정한 롤링 정도를 유지할 수 있었다.

다음으로 소개한 방법은 무게 중심, 구동 중심, 지지 중심간의 간격을 일정 수준으로 유지시켜 롤링을 감소시키는 방법에 대해 알아보았다. 각 중심들을 배치시키는 일반적인 방법은 모든 중심점들을 한 점에 일치시키는 방법이나, 이러한 방법은 실제적인 어려움 뿐만 아니라 실제 양산 과정에서 제작 공차와 조립 산포로 인하여 한 점에 일치시키기 어려운 점이 있다. 반면 각 점을 일정 비율로 떨어뜨려 배치시키는 방법은 이러한 점에서 우수한 면을 가지고 있다. 이 방법에서는 각 점과의 거리와는 무관하게 거리 비율만 유지시켜 주면 된다. 따라서 점간 거리를 크게 할수록 제작 공차나 조립 산포에 대해 점간 비율을 유지시키기 쉬운 장점이 있다. 실제 설계 시에는 공간의 제약으로 무한정 거리를 둘 수는 없지만, 모든 중심점들을 한 점에 모으는 방식에 비해서는 공차에 대한 의존도가 적다고 할 수 있다.

참고문헌

- (1) Sam-Nyol Hong, etc., 2001, "Force Characteristics of Slim Picup Actuator to Improve Actuating Performances", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 40, pp. 1771-1774
- (2) 서진규 등, 2000, "광 픽업 액츄에이터의 부공진 원인 규명과 저감화", 대한기계학회논문집 A 권, 제 24 권, 제 3 호, pp. 728-734
- (3) 한창수 등, 1998, "광디스크용 4 와이어 구동기의 경사에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 제 15 권, 제 7 호, pp. 52-60